

Методы обнаружения и борьбы с коронными разрядами на высоковольтном оборудовании

Каждая отрасль промышленности требует контроля качества материалов, деталей и готовой продукции. В области энергетики этот аспект становится особенно важным, поскольку своевременно не проведённая диагностика объектов может стать причиной повреждения узлов электрооборудования, нарушения процесса передачи электроэнергии, а также привести к аварийной ситуации. Так как большинство элементов электрооборудования обычно находятся под напряжением в ходе эксплуатации, контроль подобных систем возможно выполнить только дистанционно. Данная задача может быть решена с помощью электронно-оптического метода контроля, при реализации которого инженер, ответственный за контроль качества и эксплуатации оборудования, проводит исследование на наличие дефектов и коронных разрядов.

Коронный разряд – тип газового разряда, который возникает в резко неоднородных электрических полях электродов со значительной кривизной поверхности (например, на острых углах соединительных элементов или тонких проводах). При очень высоких значениях напряжённости неоднородного электрического поля и относительно высоком давлении воздуха вокруг электрооборудования возникает характерное свечение, напоминающее по форме корону (этим обусловлено название типа разряда), которое можно увидеть даже невооруженным глазом. Визуальное проявление такого явления демонстрирует рисунок 1.

Возникновение коронного разряда физически объясняется следующим образом. Когда молекула воздуха произвольно ионизируется, возникает электрон, который ускоряется в электрическом поле возле острого края объекта. Этот электрон приобретает достаточно энергии, чтобы при встрече со следующей молекулой воздуха ионизировать её, как результат, снова

появляется новый электрон. Возникает лавинный эффект и количество движущихся в электрическом поле рядом с острыми углами объекта заряженных частиц экспоненциально увеличивается [1].

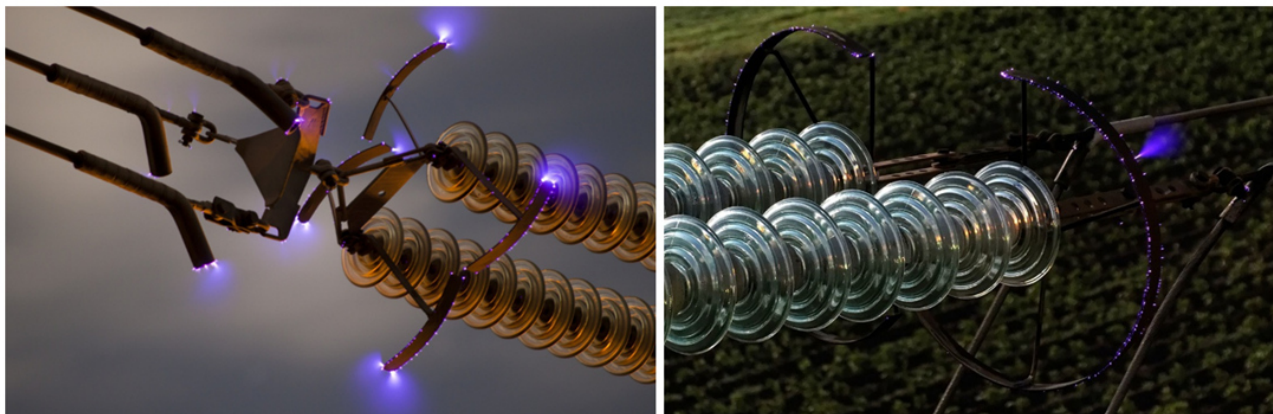


Рис. 1. Коронные разряды на защитных элементах высоковольтной воздушной линии электропередачи с напряжением более 500 кВ

По аналогии с положительным и отрицательным электродами (анод и катод соответственно), выделяют положительный и отрицательный коронные разряды. Разница между ними состоит в том, что в случае проявления эффекта на катоде направление движение электронов ионизации будет от коронирующего острия, то есть в сторону положительного электрода. Для отрицательных коронных разрядов характерно ровное свечение. При проявлении коронного разряда на аноде электроны направлены в сторону острого угла объекта, а ионы отталкиваются от него. Положительные коронные разряды отличаются свойственным им рассеиванием в разные стороны от острия объекта.

Возможность возникновения коронных разрядов обусловлена большим количеством факторов, например, влажностью воздуха и состоянием изоляции линии электропередачи. Показателем нормального функционирования для большинства видов высоковольтного оборудования является отсутствие коронных разрядов. Однако в случае линий электропередачи и узлов, которые находятся на открытом воздухе, полное исключение каких-либо разрядных процессов просто невозможно. Наличие коронных разрядов, как правило,

указывает на то, что на объекте контроля имеются повреждения, дефекты изоляции проводов и электрооборудования, загрязнение поверхности, трещины в конструкции и т. д.

Как было сказано выше, диагностика состояния высоковольтного оборудования без остановки его работы обуславливает необходимость дистанционного проведения исследования, что позволяет реализовать электронно-оптический метод неразрушающего контроля. Использование такого метода подразумевает необходимость наличия высокочувствительной измерительной техники, способной эффективно работать в дневных и ночных условиях, имеющей современные средства коммуникации, которая позволяет осуществить количественную оценку процессов (должна представлять собой сертифицированный измерительный прибор) и обеспечивает комфортную работу оператора в течение полного рабочего дня. На сегодняшний день существует ряд технических разработок, которые полностью соответствуют перечисленным требованиям, в частности, электронно-оптические дефектоскопы DayCor (Ofil) и камеры CoroCAM (Uvirco), преобразующие ультрафиолетовое (УФ) излучение в видимое изображение. Модели, примерами которых являются устройства, показанные на рисунке 2, отличаются комплектацией, средствами визуализации и регистрации изображения, набором дополнительных функций, а также диапазоном рабочих расстояний.



Рис. 2. Ультрафиолетовые коронные камеры:

а) CoroCAM 8; б) DayCor Superb camera

При наличии многих преимуществ, перечисленных выше, одним из наиболее существенных недостатков современных УФ камер и электронно-оптических дефектоскопов остается их цена. Поскольку в таких приборах используются весьма сложные и дорогие оптические системы, которые основаны на электронно-оптических преобразователях (ЭОП), в которых работа фотокатода ориентирована на УФ диапазон оптического излучения.

Процедура проведения диагностики с помощью электронно-оптического дефектоскопа проходит на основе следующего алгоритма. Оператор устанавливает прибор на нужном расстоянии от объекта контроля [2]. После запуска устройство регистрирует и преобразует излучение УФ диапазона спектра, испускаемое объектом, в электрический сигнал, который, в свою очередь, обрабатывается с учетом особенностей проявления коронных разрядов на конкретном типе высоковольтного оборудования. Обработка заключается в оцифровке, усилении сигнала с помощью ЭОП и передачи полученной информации непосредственно оператору или на устройства хранения данных. На основе анализа полученной информации оператор определяет наличие коронных разрядов и дефектов на исследуемом участке объекта контроля [3, 4].

На сегодняшний день полностью исключить и предотвратить появление в дальнейшем коронных разрядов на высоковольтном оборудовании невозможно, однако существуют способы, позволяющие существенно уменьшить частоту и интенсивность их проявления. Например, на линиях электропередачи, где очень часто появляются коронные разряды, это явление может привести к существенным потерям электроэнергии. Чтобы избежать этого, высоковольтные линии разделяют в зависимости от уровня напряжения и располагают на определенном отдалении, что обеспечивает уменьшение напряженности возле проводов и предотвращает возникновение данного негативного эффекта.

Еще одним распространенным способом эффективной борьбы с коронными разрядами является установка на линиях антикоронных колец, которые фиксируются на терминалах или других элементах высоковольтного

оборудования. Подобные устройства играют роль распределителей электрического поля для понижения значения напряженности ниже порога возникновения короны: в итоге разряд переносится на кольцо или полностью предотвращается.

Наиболее важным является своевременное выявление дефектов и коронных разрядов на высоковольтном оборудовании. С помощью систематической проверки в процессе эксплуатации изделия, или, как её ещё называют, технической диагностики объекта, можно быстро и эффективно обнаруживать различные дефекты (в том числе скрытые) и коронные разряды на ранних стадиях проявления, устранение которых позволит предотвратить значительные повреждения узлов электрооборудования, нарушение передачи электроэнергии, возникновение аварийных ситуаций [5]. Подобная диагностика также предоставляет возможность грамотно спланировать профилактические и ремонтные работы, что увеличит продуктивность и надежность функционирования высоковольтного оборудования и энергосистемы в целом.

Электроэнергетика занимает далеко не последнее место в жизни современного общества. Если вопросы передачи электроэнергии являются одним из самых важных аспектов данной отрасли, то качество электрооборудования и эффективность его работы также имеют очень высокий приоритет.

Коронный разряд представляет собой крайне негативный фактор электрической сети и высокореактивный разрушающий электрод, который влияет на механические и электрические свойства электрооборудования. Такие разряды возникают при частичном электрическом пробое ионизированного воздуха, окружающего проводник с высоким напряжением, в присутствии неоднородного электрического поля. Ионизированный воздух между коронирующими электродами разряжает серию коротких импульсов переменного тока.

Электронно-оптический метод диагностики качества оборудования в электроэнергетике является самым распространенным типом контроля для

обнаружения коронных разрядов и дефектов в электросетях, а иногда и единственным способом обнаружения неисправностей и предупреждения аварийных отключений высоковольтного электрооборудования.

Методики неразрушающего контроля и дефектоскопии, применяемые в сфере энергетике, с каждым годом совершенствуются. На сегодняшний день электронно-оптический контроль обеспечивает высокую производительность и достоверность результатов, а также безопасность проведения диагностики.

Литература:

1. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. Изд. 2-ое, доп. и перераб. М.: Наука, 1992. – 536 с.
2. Морозов М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьев // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научнотехнической конференции молодых ученых и студентов, 20-22 апреля. – Минск, Беларусь, 2016. – С. 38.
3. Муравьев А. В. Основные тенденции, проблемы и перспективы развития дисплейной наноэлектроники / А. В. Муравьев // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі: матеріали 2-гої науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Польща, Люблін, 2018. – С. 10-11.
4. Сторожик Д. В. Комплексування зображень, як спосіб покращення якості бінарної сегментації / Д. В. Сторожик, О. В. Муравйов // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня. – Київ, Україна. – 2019. – С. 290-293.
5. Галаган Р. М. Ультразвукова система діагностики технічного стану порцелянових ізоляторів / Р. М. Галаган, В. С. Єременко // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – № 42. – 2011. – С. 62-70.